

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 59-224515

(43)Date of publication of application : 17.12.1984

(51)Int.Cl.

G01D 5/36

(21)Application number : 58-098962

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 03.06.1983

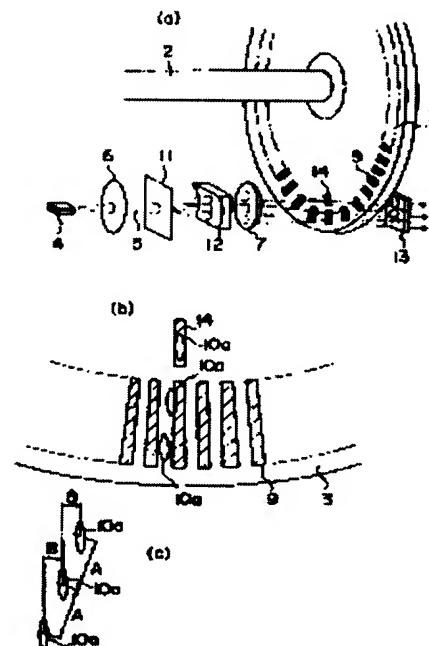
(72)Inventor : YAMADA KOICHI  
WATANABE SEIO  
NISHI KAZUO  
HIRAI MUTSUO

## (54) OPTICAL ENCODER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve resolution and perform multichannel signal detection by converging plural beams generated by a diffraction grating into elliptic spot light beams, and irradiating a pulse scale with them.

**CONSTITUTION:** Laser light 5 from a semiconductor laser 4 is collimated by a collimator lens 6 into a parallel beam, which is separated by a diffraction grating 11 into three beams, i.e. transmitted light and  $\pm$  primary diffracted light beams, which are shaped into elliptic beams through a planoconcave lens 7. The three elliptic beams are converged by a condenser lens 7 into spot light beams 10a, which illuminate a pulse disk 3. Then, variations in the transmission quantities of the three laser light beams generated by the rotation of light and dark grating fringes 9 are detected independently by a three-split photodetector 13.



⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—224515

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 D 5/36

識別記号

庁内整理番号  
6781—2 F

⑯ 公開 昭和59年(1984)12月17日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑰ 光学式エンコーダ

⑱ 特 願 昭58—98962

⑲ 出 願 昭58(1983) 6 月 3 日

⑳ 発 明 者 山田康一  
尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号  
三菱電機株式会社応用機器研究  
所内

㉑ 発 明 者 渡辺勢夫  
尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号  
三菱電機株式会社応用機器研究  
所内

㉒ 発 明 者 西和郎  
尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号  
三菱電機株式会社応用機器研究  
所内

㉓ 発 明 者 平井睦雄  
尼崎市塚口本町 8 丁目 1 番 1 号  
三菱電機株式会社応用機器研究  
所内

㉔ 出 願 人 三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内 2 丁目 2  
番 3 号

㉕ 代 理 人 弁理士 大岩増雄 外 2 名

明 細 書

1. 発明の名称

光学式エンコーダ

2. 特許請求の範囲

(1) 回転又は移動変位量を検出する光学式エンコーダにおいて、パルススケールと、光源としての半導体レーザと、該半導体レーザから放射されるレーザ光を複数のビームに分割する回折格子と、前記複数のビームのそれぞれを円形のスポット光に集光し、前記パルススケールに照射する第 1 の光学系と、前記パルススケールから反射又は透過してくるレーザ光を光検知器に導く第 2 の光学系と、前記光検知器とを備えて成ることを特徴とする光学式エンコーダ。

(2) 前記パルススケールから反射又は透過してくるレーザ光を、複数の分割された光ファイバ束で受け、離れた位置にある光検知器に導くことを特徴とする特許請求の範囲第 1 項記載の光学式エンコーダ。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、半導体レーザを使用した回転又は移動変位量を検出する光学式エンコーダに関するものである。

従来この種の光学式エンコーダとしては、第 1 図に示すものがあつた。第 1 図は従来の半導体レーザを使用して回転変位量を検出する光学式ロータリエンコーダの概略構成を示す斜視図である。図において、1 はボールベアリング、2 はボールベアリング 1 に支持された回転軸、3 は回転軸 2 に取付けられたパルススケールとしてのパルス円盤、4 は光源としての半導体レーザ、5 は半導体レーザ 4 から放射状に発生するレーザ光、6 はレーザ光 5 を平行にするためのコリメータレンズ、7 はレーザ光 5 を数 $\mu$ m の大きさに集光するための集光レンズ、8 はパルス円盤 3 を透過した光量の変化を検知する光検知器であり、この光検知器 8 としては、例えばフォトダイオードが用いられている。また、パルス円盤 3 は、通常、ガラス円盤が用いられ、このパルス円盤 3 には、明暗格子編

9であるクロム蒸着膜がエッチングによりパターンニングすることによつて設けられている。

次に、上記第1図の動作について説明する。外部から回転軸2に回転が伝えられると、明暗格子縞9が刻まれているパルス円盤3が回転され、このパルス円盤3を透過するレーザ光5の量が変化する。その変化する量を、光検知器8で検知すれば回転変位量を知ることができる。レーザ光5は、半導体レーザ4から約1～3mWの強度で発生するが、第1図に示す様に放射状に発生するため、コリメータレンズ6によつて平行光となし、集光レンズ7により直径約2～10 $\mu$ mに小さく集光し、パルス円盤3の明暗格子縞9に照射されている。さて、第2図(a)に示す様に、約2～5 $\mu$ mの小さな円形のスポット光10に集光されたレーザ光5は、明暗格子縞9を横切ると、第2図(b)，(d)に示す様な波形の各出力信号が発生する。明暗格子縞9のピッチが大きい場合、発生する出力信号は、第2図(a)に示す矩形波に近い波形になるが、明暗格子縞9のピッチが小さくなり、明暗格子縞9の幅と

レーザ光5の円形のスポット光10の径がほぼ等しくなると、第2図(d)に示す様に、発生する出力信号は正弦波状の波形となる。さらに、明暗格子縞9の幅がレーザ光5の円形のスポット光10の径よりも小さくなると、発生する出力信号の振幅は小さくなり、ついには明暗格子縞9が検出できなくなってくる。そのため、明暗格子縞9の幅が小さくなると、レーザ光5の円形のスポット光10の径は小さくしなければならない。例えば、1万パルスが発生する直径50mmのパルス円盤3を作った場合、明暗格子縞9の幅は、約7 $\mu$ mになるので、レーザ光5の円形のスポット光10の径は約7 $\mu$ m以下であれば良い。

一般に、上記した様な半導体レーザ4から放射されるレーザ光5を使用して信号検出する光学系では、第3図(a)に示す様に、2個の半導体レーザ4を互いに90°位相の異なる出力信号が発生する位置に置くと、その各出力信号は、第3図(b)及び(c)に示す90°位相の異なる正弦波状の波形を有する各出力信号が発生する。この各出力信号を、第

3図(d)及び(e)に示す様に、それぞれを矩形波状の波形に波形整形した後、第3図(f)に示す様に、その立上りと立下りをカウントして、回転方向の弁別と、4倍のパルス信号(例えば、1万パルスのパルス円盤3から4万パルスの信号)を発生させている。また、この際、1回転中に1パルスを発生する基準位置となるゼロ信号を発生させるための光学系も必要となる。

上記した様に、従来の半導体レーザを使用した光学式ロータリエンコーダでは、90°位相の異なる出力信号の発生と、1回転中の基準位置となるゼロ信号を発生させるために、3個の半導体レーザ4を用いた3つの光学系が必要となり、また、それぞれの光学系を独立に調整しなければならず、このため、各光学系の調整が面倒である上に、コストも高くなるなどの欠点があつた。

この発明は上記の様な従来のものの欠点を除去するためになされたもので、回転又は移動変位量を検出する光学式エンコーダにおいて、パルススケールと、光源としての半導体レーザと、この半

導体レーザから放射されるレーザ光を複数のビームに分割する回折格子と、前記複数のビームのそれぞれをだ円形のスポット光に集光し、前記パルススケールに照射する第1の光学系と、前記パルススケールから反射又は透過してくるレーザ光を光検知器に導く第2の光学系と、前記光検知器とを備えて成る構成を有し、高い分解能を有し、小型で、低コストの光学式エンコーダを提供することを目的としている。

以下、この発明の実施例を図について説明する。第4図(a)ないし(c)は、この発明の一実施例である光学式ロータリエンコーダの概略構成を示す斜視図、その一部拡大平面図及び各だ円形のスポット光の位置関係を示す図で、第1図と同一部分は同一符号を用いて表示してあり、その詳細な説明は省略する。図において、10aはだ円形のスポット光、11は回折格子、12は平凹シリンドリカルレンズ、13は3分割光検知器、14はゼロ信号マークである。

次に、この発明の一実施例である光学式ロータ

リエンコーダの動作について説明する。外部から回転軸2に回転が伝えられると、明暗格子縞9が刻まれているパルス円盤3が回転され、このパルス円盤3の回転変位量を、半導体レーザ4からのレーザ光5がパルス円盤3を透過する透過光量変化により検出する。半導体レーザ4から放射したレーザ光5はコリメータレンズ6で平行ビームにした後、回折格子11により透過光と±1次回折光の3つのビームを発生させる。この3つのビームを平凹シリンドリカルレンズ12により、縦方向にだけビームを広げただ円形のビームにする。平凹シリンドリカルレンズ12の焦点距離は、このだ円形のビームの長径が短径の約10～15倍になる様に選べば良い。3つのだ円形のビームは、集光レンズ7によつて、第4図(b)及び(c)に示す様に、例えば、短径が約5～10 $\mu\text{m}$ 、長径が約50～150 $\mu\text{m}$ のだ円形のスポット光10aに集光され、パルス円盤3上に照射される。例えば、一万パルスの場合は、短径は約7 $\mu\text{m}$ 程度で良い。また、パルス円盤3上に照射されただ円形のスポット光10a

の配置は、第4図(b)に示す位置になる様にすれば良い。3つのだ円形のスポット光10aの内、1つはゼロ信号用マーク14の上に置き、他の2つは、明暗格子縞9上に、90°位相がずれた出力信号が発生する様に配置する。これら3つのだ円形のスポット光10aの各長径方向の位置関係は、第4図(c)に示す様に、回折格子11のピッチでAの値が決まり、また、光軸を中心に回折格子11を回転する角度によつてBの値が決まる。だ円形のスポット光10aの形状とした理由は、明暗格子縞9を分解する方向には狭くし、明暗格子縞9の長手方向に広くして、明暗格子縞9のキズによる信号の減少を少なくするためである。信号検出は、パルス円盤3の後方で、明暗格子縞9が回転するために発生する3つのレーザ光5の透過光量の変化を、3分割光検知器13によりそれぞれ独立に検出する。3分割光検知器13は、第5図(a)及び(b)に示す様な位置に配設すれば良い。第5図(a)に示す様に、側面から見れば、レーザ光5は3つのビームの3方向に別かれており、平凹シリンドリカルレ

ンズ12によつて集束する位置がパルス円盤3の後方にシフトするため、パルス円盤3上ではだ円形のスポット光10aとなる。3分割光検知器13は、後方にシフトした集光レンズ7の焦点位置付近に、第5図(a)及び(b)に示す方向に位置させる。また、光学系を上方から見ると、回折格子11はレーザ光5を3つのビームに分割し、平凹シリンドリカルレンズ12は平行平板として働くため、レーザ光5は集光レンズ7により小さく集光する。パルス円盤3を透過したレーザ光5は広がり、3分割光検知器13上に第5図(a)及び(b)に示す様に集り、これにより、3種類の出力信号をそれぞれ検出する。

上記第5図(a)及び(b)に示す実施例では、パルス円盤3を透過したレーザ光5を検出する場合について説明したが、パルス円盤3からの反射光を検出する様にしても良い。第6図(a)及び(b)にその実施例を示す。図に示す様に、半導体レーザ4から放射されたレーザ光5はコリメータレンズ6により平行光にされた後、回折格子11で3つの方向

のビームに分離され、偏光ビームスプリッタ14aを透過し、4分の1波長板15により直線偏光を円偏光に変換され、平凹シリンドリカルレンズ12を介して集光レンズ7により集光されてパルス円盤3上に照射される。パルス円盤3の面上で反射されたレーザ光5は、再び4分の1波長板15を通過することにより、入射時と直交する方向の直線偏光となり、偏光ビームスプリッタ14aで方向が変えられ、集光用の凸レンズ16で集光され、3分割光検知器13にそれぞれ入射し、これにより、3種類の出力信号を独立に検出することができる。

また、上記第5図(a)及び(b)、第6図(a)及び(b)の各実施例では、パルス円盤3の回転による光量の変化を、直接に3分割光検知器13で検出する場合について説明したが、第7図に示す様に、3分割された光ファイバ束17を用いて、その一方の端部でレーザ光5を受け、光学系から離れた光ファイバ束17の他の一方の端部に3つの光検知器8を配設することにより、出力信号をそれぞれ検

出する様にしても良い。この場合には、信号の伝送を光で行うため、ノイズが入りにくく、信号伝送中に外部の乱雑音による信号劣化を防ぐことができる。

また、上記各実施例では、回折格子11によりレーザ光5が分割された光の内、透過光と+1次及び-1次の各回折光の3本の光を用いた場合について説明したが、さらに、高次(±2次、±3次…)の光を用いることにより、検出できるチャンネル数を増加させ、高い分解能を有する光学式エンコーダを作製することもできる。

また、上記各実施例で、半導体レーザ4からのレーザ光5を、コリメータレンズ6を用いて、一度平行ビームにしているが、集光レンズ7に対し広がりながら入射した光を集光できるものを用いれば、コリメータレンズ6を省略でき、また、第6図(a)及び(b)に示す様に、反射光を検出する場合には、反射光は収束しながらもどつてくるため、凸レンズ16を省略できる。

また、上記各実施例では、レーザ光5を集光し

てだ円形のスポット光10aとするために、平凹シリンドリカルレンズ12を用いた場合について説明したが、レーザ光5の光路にアパーチャをそう入し、回折による広がりを利用して、一方向だけにビームを広げても良い。また、平凹シリンドリカルレンズ12の代りに平凸シリンドリカルレンズを用いて、だ円形のスポット光10aを得ることもできる。

また、上記各実施例では、平凹シリンドリカルレンズ12を集光レンズ7の前にそう入した場合について説明したが、その配置順序は逆にしても良い。

以上の説明では、回転変位置を検出する光学式ロータリエンコーダの場合について述べたが、直線移動変位置を検出する光学式リニアエンコーダにも同様に適用が可能であり、第8図(a)及び(b)はその実施例を示す。図において、4は半導体レーザ、5はレーザ光、6はコリメータレンズ、7は集光レンズ、9は明暗格子縞、10aはだ円形のスポット光、11は回折格子、12は平凹シンド

リカルレンズ、13は3分割光検知器、14はゼロ信号用マーク、18はリニアパルススケールである。第8図(a)及び(b)に示すものの信号検出系は、第4図(a)及び(b)に示すものと同一であり、パルス円盤3がリニアパルススケール18に置き換えられただけである。信号検出の原理は、リニアパルススケール18又は信号検出系を移動することによつて発生する出力信号を取り出すものであり、その出力信号の発生原理は、上記した光学式ロータリエンコーダで説明したものと同様である。また、上記した光学式ロータリエンコーダとして示した各実施例は、パルス円盤3をリニアパルススケール18に置き換えるのみで、光学式リニアエンコーダとして使用が可能である。さらに、光学式リニアエンコーダでは、信号検出系を固定してリニアパルススケール18を移動物に取付ける場合と、リニアパルススケール18を固定して信号検出系を移動物に取付ける場合の2つがある。

以上の様に、この発明の光学式エンコーダによれば、1つの光学系で、回折格子を用いることに

より複数のビームを発生させ、それぞれのビームをだ円形のスポット光に集光してパルススケールに照射する様に構成したので、極めて高い分解能を有し、多チャンネルの信号検出が可能であり、小型、かつ低コストの光学式エンコーダを得ることができるという優れた効果を奏するものである。

#### 4.図面の簡単な説明

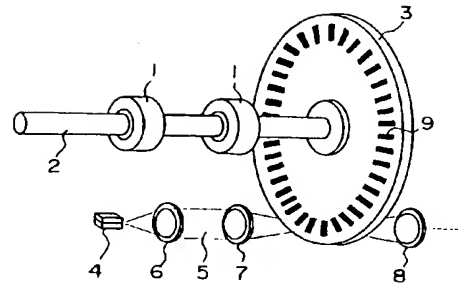
第1図は従来の半導体レーザを使用して回転変位置を検出する光学式ロータリエンコーダの概略構成を示す斜視図、第2図(a)ないし(d)は、第1図のパルス円盤の動作態様を示す各説明図、第3図(a)は、第1図の光学式ロータリエンコーダで90°位相の異なる信号を発生させる動作態様を示す説明図、第3図(b)ないし(f)は、第3図(a)の光学式ロータリエンコーダで発生される出力信号の各軌の波形図、第4図(a)ないし(c)は、この発明の一実施例である光学式ロータリエンコーダの概略構成を示す斜視図、その一部拡大平面図及び各だ円形のスポット光の位置関係を示す図、第5図(a)及び(b)は、第4図(a)の光学式ロータリエンコーダの信号

検出系を示す側面図及び平面図、第6図(a)及び(b)は、この発明の他の実施例である光学式ロータリエンコーダの信号検出系を示す側面図及び平面図、第7図はこの発明の他の実施例である光学式ロータリエンコーダの信号検出系を示す側面図、第8図(a)及び(b)は、この発明の他の実施例である光学式リニアエンコーダの概略構成を示す斜視図及びその一部拡大平面図である。

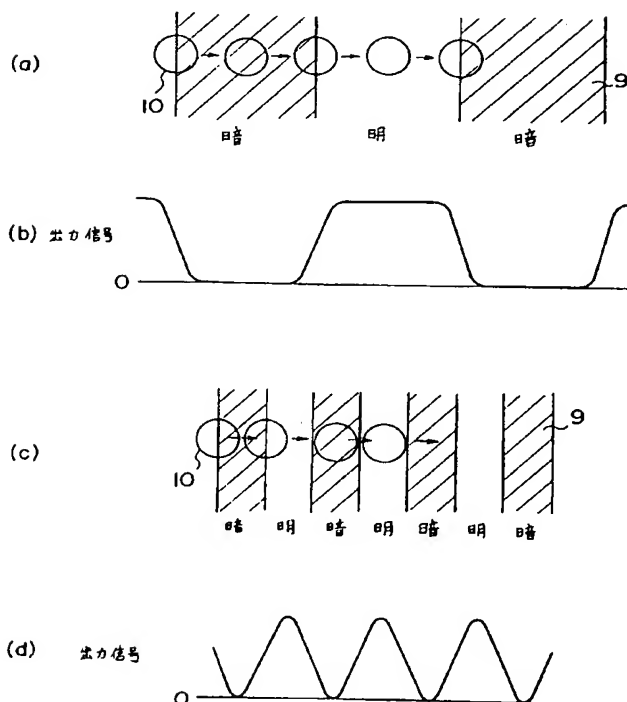
図において、1…ボールベアリング、2…回転軸、3…パルス円盤、4…半導体レーザー、5…レーザー光、6…コリメータレンズ、7…集光レンズ、8…光検知器、9…明暗格子縞、10、10a…スポット光、11…回折格子、12…平凹シリンドリカルレンズ、13…3分割光検知器、14…ゼロ信号用マーク、14a…偏光ビームスプリッタ、15…4分の1波長板、16…凸レンズ、17…光ファイバ束、18…リニアパルススケールである。

なお、図中、同一符号は同一、又は相当部分を示す。

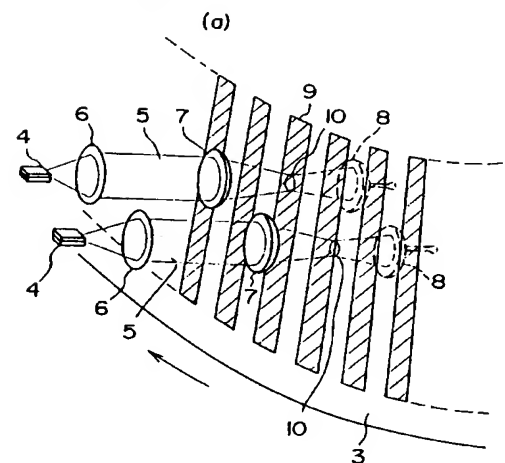
第1図



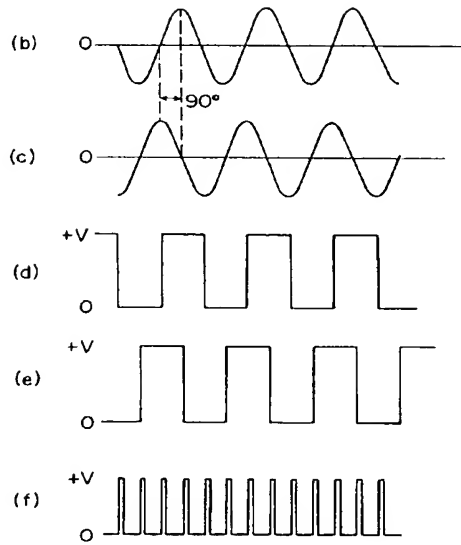
第2図



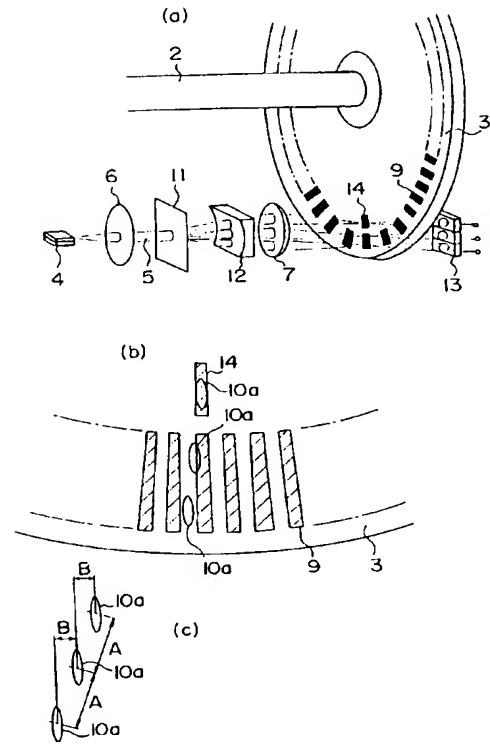
第3図



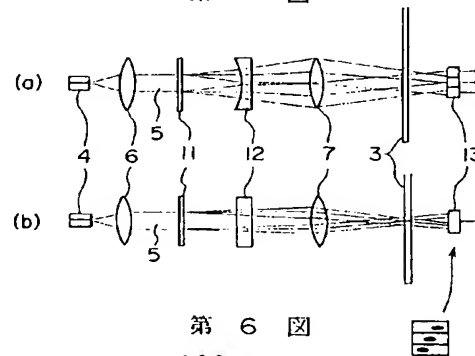
第 3 図



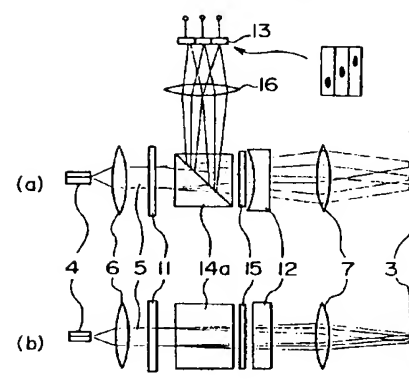
第 4 図



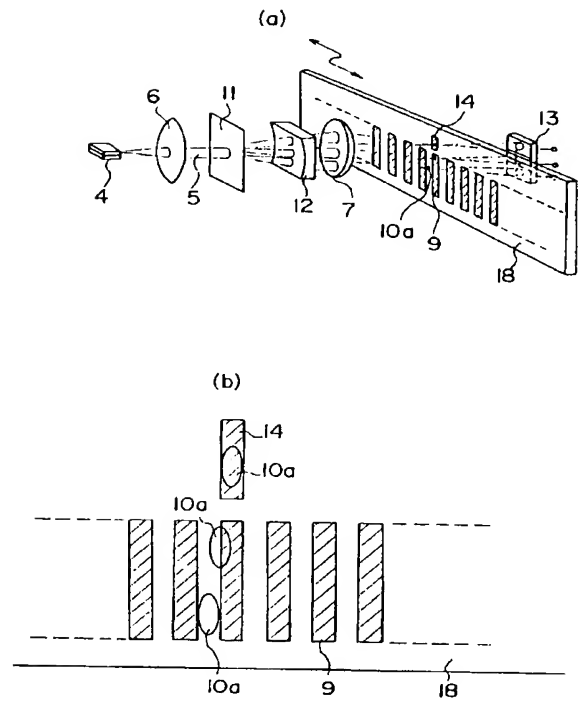
第 5 図



第 6 図



第 8 図



第 7 図

